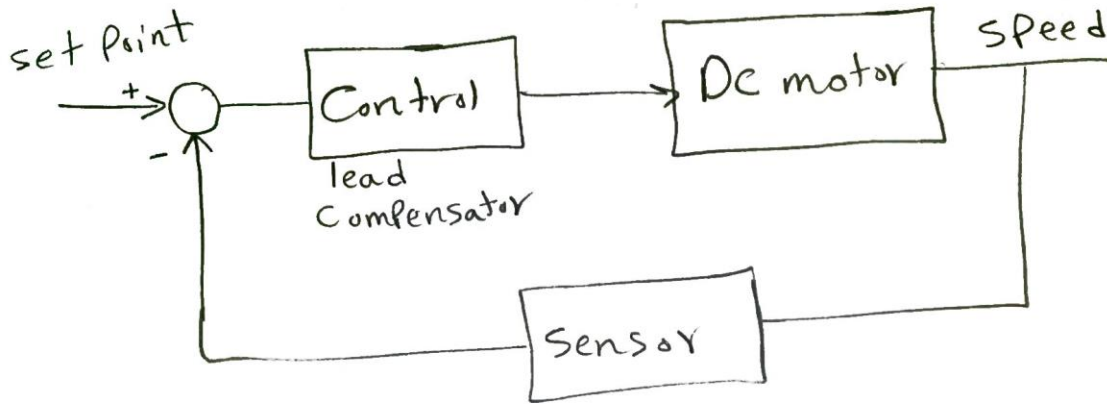


## Digital Control

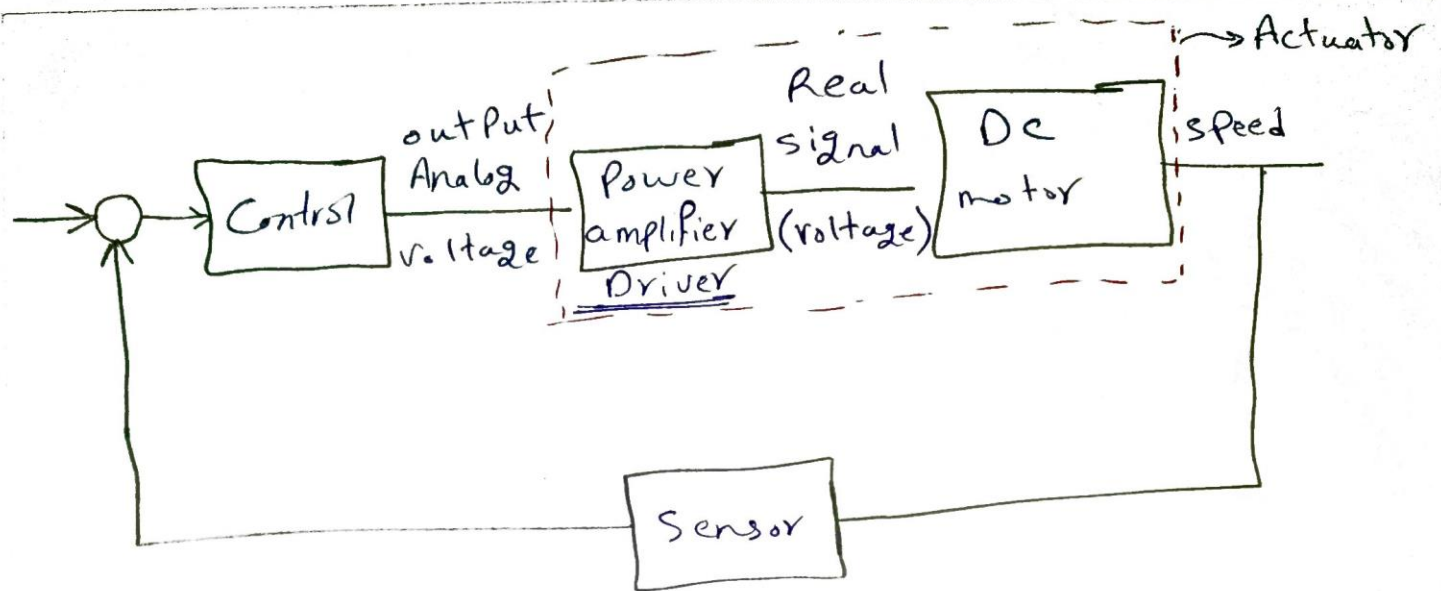
session 5



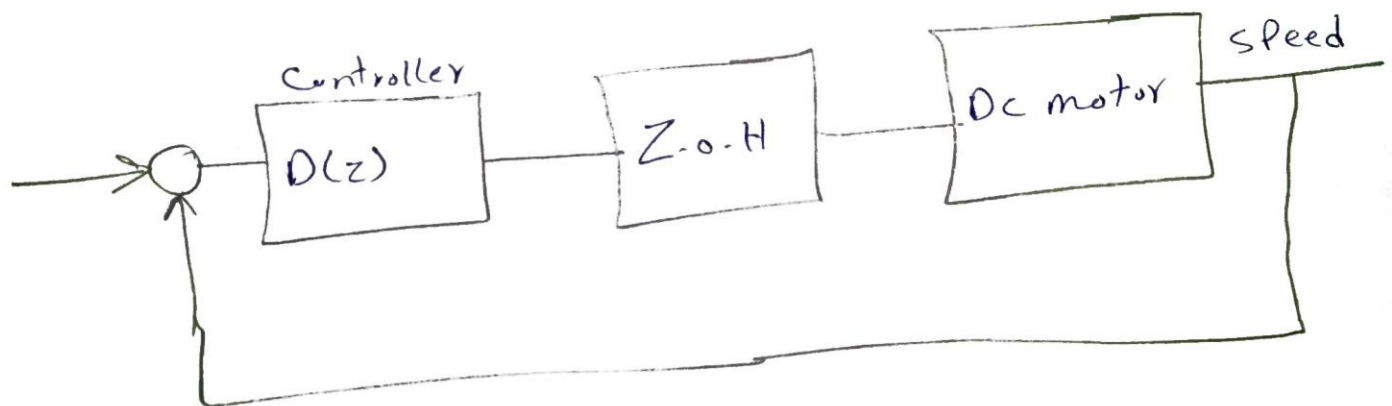
### In Continuous

Controller  $D(s)$   $\rightarrow$  Implementation  
Analog circuit

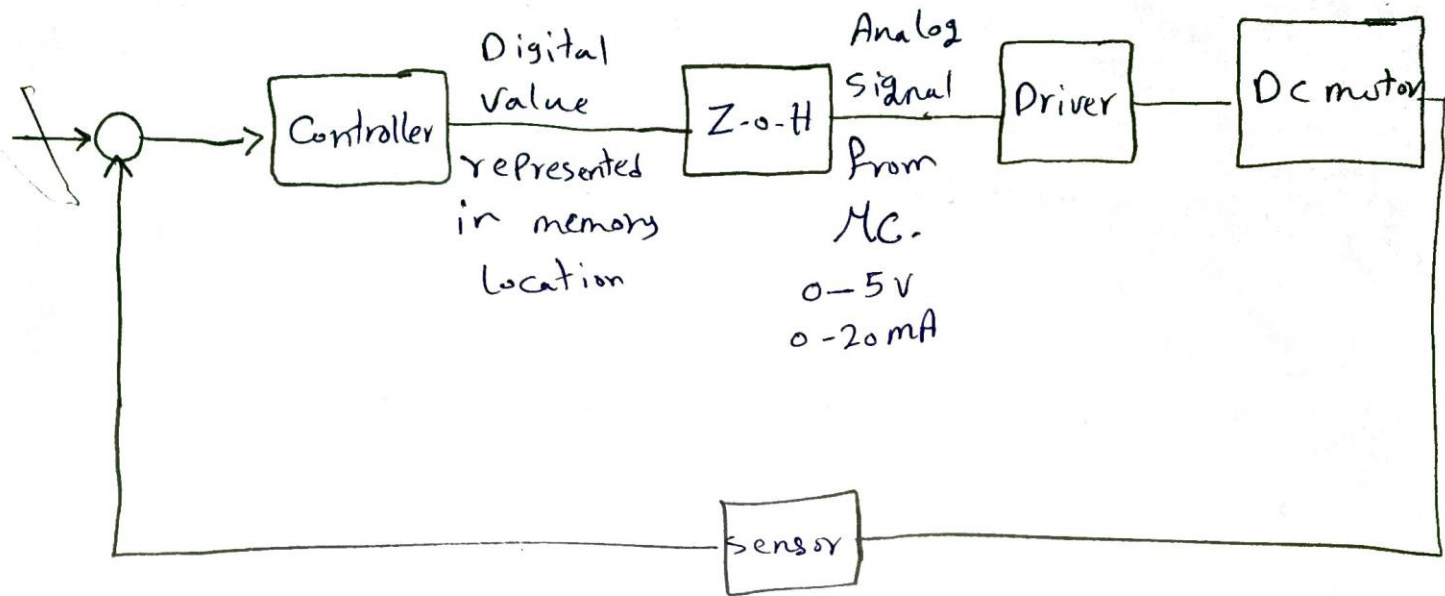
← کانه کندي ( ) ( ) خروج ليا (Analog AP)  
الخروج ده يدخل على ال (Dc motor) وقد يكون بينهم  
(relay) أو لا يكون.  
له فالخروج ده يدخل على (Dc motor) مباشرة له يدخل  
على (Power amplifier) ويخرج (real signal)



← ۱) (digital) به دیجیتال (Analog to Digital) و  
 ۲) (digital to Analog) فیلتر Z.O.H



Controller  $D(z) \rightarrow$  Implementation  
 Difference eqn.  
 on microcontroller.



← محتاج انچه داتره (Driver) عينا ~ انتقم ~~في~~   
 لپتاره ال (Controller) عينا ~ تنفع لا (Dc motor)   
 لا ~ ال (Controller) (Current) (الفارز مه ال Controller)   
 (0-20mA) غير كافي .

← لزاي اصيل عل (Analog value) مه (Digital value) .

← ال (microcontroller) بيطلع (one direction)

← محتاج مه ال (driver) عينا ~ تفرق ال (Polarity)   
 لا (Controller) .   
~~زي ما تفرق~~

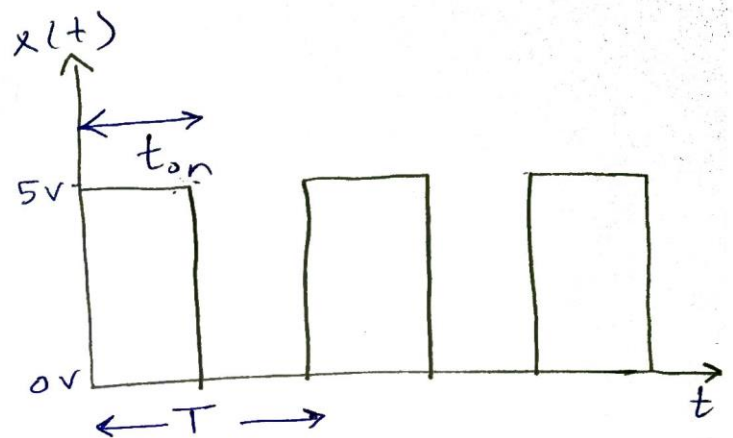
## PWM

$$X_{avg} = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt$$

$$= \frac{1}{T} \int_0^{t_{on}} X_{max} dt$$

$$= \frac{X_{max}}{T} t \Big|_0^{t_{on}} = \frac{t_{on}}{T} X_{max}$$

$$\text{duty cycle} = \frac{t_{on}}{T}$$



→ أنا هخرج منه ال (Digital value) → (Controller)

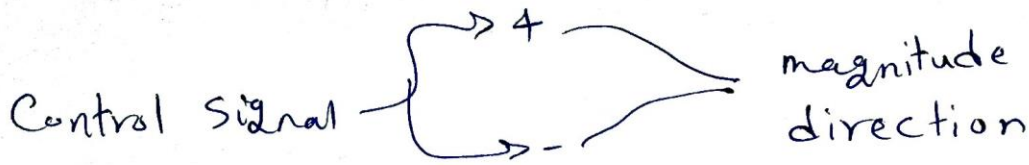
(different duty cycles) عشان أخرج (Logic 1 or Logic 0)

$T \downarrow \Rightarrow$  switching Frequency  $f_c \downarrow$

ال  $f_c$  بيؤثر على ال (Smoothness) كلما نزيه

ال  $f_c$  قتره ال ( // ) وده مكلف جدا.



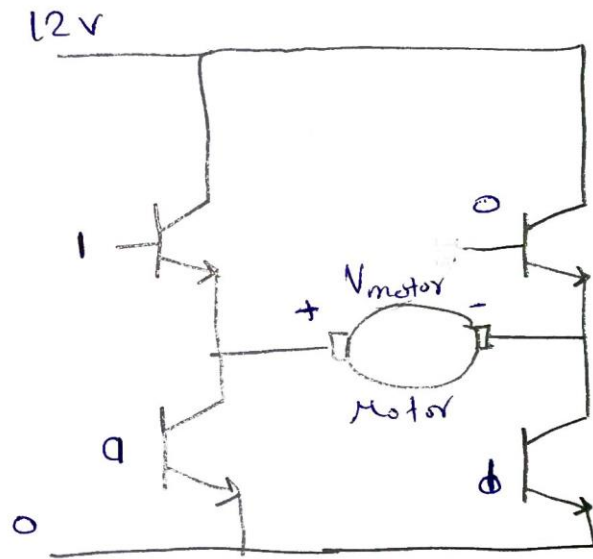


و ← متحرک فی ال (mag.) ← طریقہ ال (PWM)  
 و متحرک فی ال (direction) → (Drive circuit) ← H-Bridge

## H-Bridge

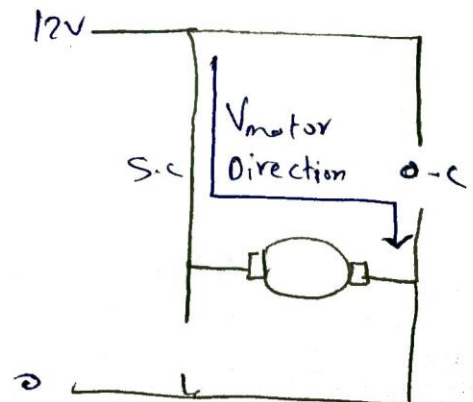
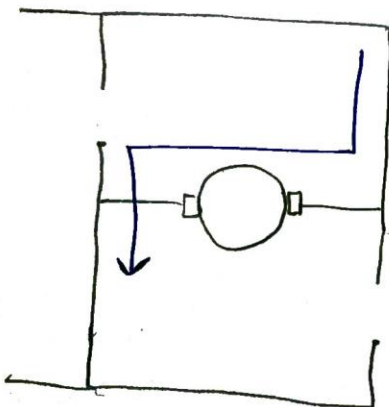
transistor as a switch

← متحرک فی ال (2-transistor)  
 (direction) متغیر ال  
 (motor) متاع ال



← لو الفیم کانت کہ ال (transistor) الی علی 1

یکہ (short circuit) والی علی 0 یکہ (open circuit)



مع الرستين (السابقين) يوجهوا التحكم في ال (direction)

مع معنى التحكم في (magnitude, direction) ل ال (Control Signal)

الخارجة اذا كانت

+ve  $\rightarrow$  direction 1

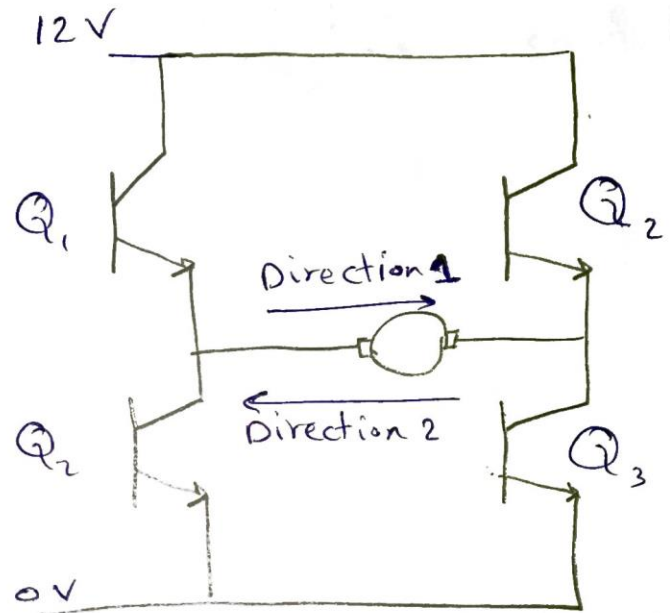
$Q_2, Q_4 \rightarrow \text{Zero}$

$Q_1, Q_3 \rightarrow \text{PWM}$

-ve  $\rightarrow$  direction 2

$Q_1, Q_3 \rightarrow \text{Zero}$

$Q_2, Q_4 \rightarrow \text{PWM}$



له الاتجاهات دي احنا اللي فرضناها.

لحسبها كذا بواسطة (milliAmperes)

$\leftarrow$  احنا كده نتحكمنا في الجزء المطلوب.

$\leftarrow$  احنا هنجيب (H-bridge) جاهزه و نشتغل عليها.

6

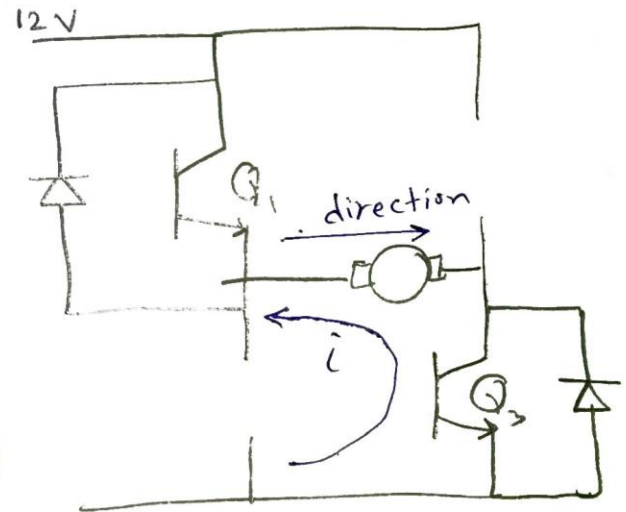
LM293

## Fly wheel diodes

للمحرك (motor) يهدد إليه تيار فلو أننا فصلت الجهد  
من عليه للمحرك يتوقف مباشرة بسبب القصور الذاتي.

في الرسم الأخير في حالة (direction 1) يكون  $Q_1$  و  $Q_3$   
شغالين ولو وقفت ال (motor) ينشأ تيار في عكس

لتجاه (direction 1) يحترق ~~الترانزستور~~ (transistor) فيتم توصيل (Diodes)



مسار التيار يمر بـ  $Q_1$  ثم  $Q_3$

فيحترق ال (diode) يمنع

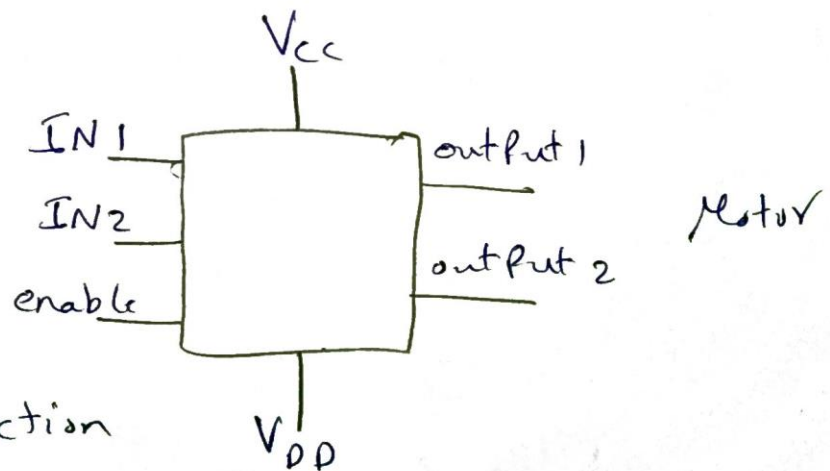
كده فيمر أولاً بال (diode)

المقابل لـ  $Q_3$  عشانه ميحترقش  $Q_3$

وبالمثل مع  $Q_1$ .

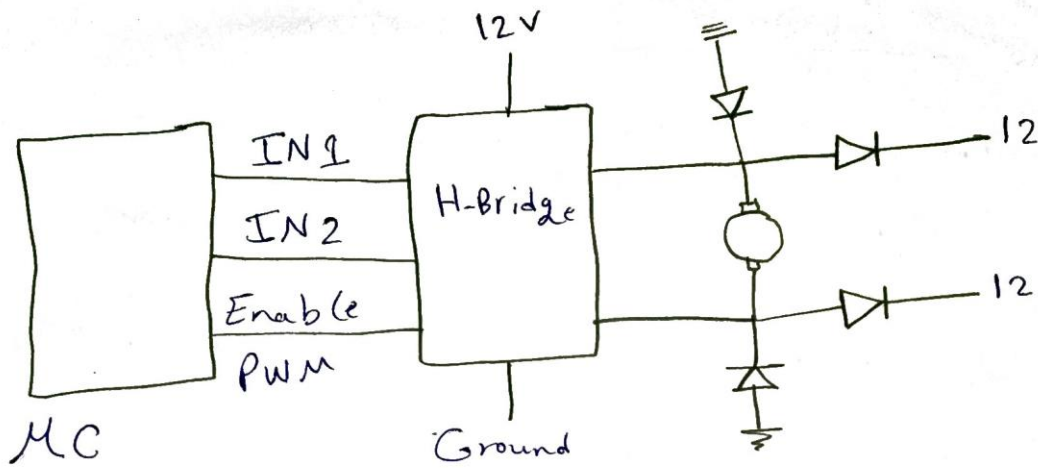
LM 293

L 298



$IN1,2 \rightarrow$  define direction





Arduino PWM  $\rightarrow \begin{cases} 0 \\ 1 \\ 255 \end{cases}$

Control signal

Control signal  $\rightarrow \begin{cases} 0 \\ 1 \\ 255 \end{cases}$   
(mapping)

if (Control-signal  $\neq 0$ )

{ IN1 = 1

IN2 = 0

Enable = PWM (Control-signal)

}

else

{ Control-signal = - Control signal

IN1 = 0 ;

IN2 = 0

Enable = PWM ( )

}

(8)



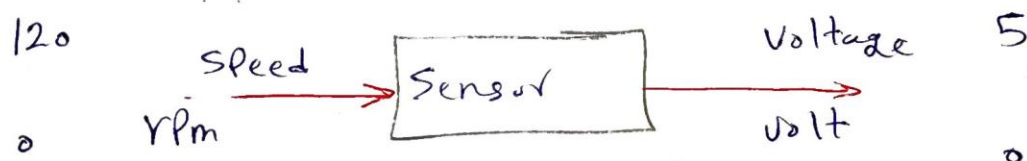
Task 1: Control Law implementation using difference eqn.

Task 2: Motor drive (H bridge)  
Control using PWM

Task 4: Simulation of DC motor speed control of proteus.

Task 3: Consider Rotary encoder for speed measurement.

Speed sensor



Speed sensor  $\Rightarrow$  use encoder



$$f = \frac{1}{T} \propto \text{speed}$$

ال (encoder) يعرف ب Pulse/revolution

~~لو بيد~~

ال (encoder) فيه (3-Ping) ~~ملناش~~ دعوة  
بالل في النهم.